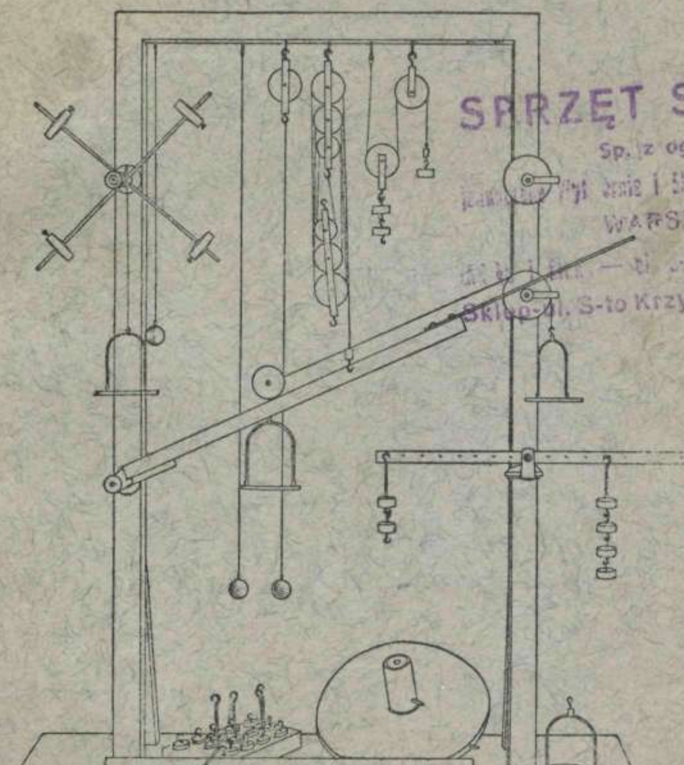
NASZ SKLEP-URANIA
SPÓŁKA AKCYJNA

DZIAŁ POMOCY SZKOLNYCH
WARSZAWA

RAMA
Z KOMPLETEM PRZYRZĄDÓW
DO MECHANIKI



WYDAWNICTWO SPÓŁKI AKCYJNEJ
NASZ SKLEP-URANIA
WARSZAWA
1928

POLECAMY

OPRACOWANY PRZEZ D-RA **WACŁAWA JEZIERSKIEGO**

WYKONANY

W ZAKŁADACH FABRYCZNYCH F. **NASZ SKLEP-URANIA**

KOMPLET

Przyrządów mierniczych

DO CELÓW SZKOLNYCH

Aby ułatwić posługiwanie się temi przyrządami przy prowadzeniu ćwiczeń mierniczych, wydaliśmy obszerną broszurę, opracowaną przez J. Horzelskiego, z przedmową d-ra W. Jezierskiego,

p. t.

ELEMENTARNE POMIARY GEODEZYJNE

W ZASTOSOWANIU DO GEOGRAFJI SZKOLNEJ,

w której zainteresowani znajdą wyczerpujące wskazówki co do użycia przyrządów oraz typowe przykłady dokonywania pomiarów.

Komplet powyższy wraz z zawartemi w broszurze instrukcjami odda niewątpliwie duże usługi przy ćwiczeniach mierniczych, wprowadzonych do programów szkolnych w roku 1925 przez M. W. R. i O. P.

RAMA

Z KOMPLETEM PRZYRZĄDÓW

DO MECHANIKI

WYDAWNICTWO SPÓŁKI AKCYJNEJ
NASZ SKLEP - URANIA
WARSZAWA
1928

Zakłady Graficzne „NASZA DRUKARNIA", Warszawa, Sienna 15.

RAMA Z KOMPLETEM PRZYRZĄDÓW DO MECHANIKI. [1]

Mechanika należy do trudniejszych rozdziałów przy nauczaniu fizyki w szkołach. Eksperymentalne traktowanie przedmiotu jest tu bardzo wskazane, tembardziej, że objęte powyższą dziedziną zjawiska są zjawiskami z życia codziennego, i znajomość oraz umiejętność zastosowania praw mechaniki w życiu praktycznem ułatwia człowiekowi jego pracę, jako podstawę egzystencji i rozwoju.

Eksperymenty i ćwiczenia w zakresie mechaniki, nawet pozornie dosyć proste, są w praktyce trudne i mozolne, wymagają dokładności i ścisłości, aby wyniki ich mogły być potwierdzeniem wywodów teoretycznych, lub też, odwrotnie, aby na ich podstawie można było wyprowadzić i uzasadnić prawa mechaniki.

Od przyrządów, jakiemi posługujemy się przy eksperymentowaniu, należy wymagać dokładności i precyzji wykonania, aby uboczne niepożądane zjawiska nie wpływały w sposób ujemny na wyniki. Musi być przedewszystkiem doprowadzone do minimum tarcie, które w wielu wypadkach jest wrogiem tego rodzaju doświadczeń. Tarcie w przyrządach udaje się zredukować do możliwych granic tylko przez fachowe i precyzyjne ich wykonanie oraz staranne konserwowanie, zabezpieczenie od uszkodzenia delikatnych połączeń, oliwienie i t. p.

Należy z góry pogodzić się z tem, że przyrządy dokładne i precyzyjne z konieczności muszą być kosztowniejsze, gdyż na staranne wykończenie i wypróbowanie ich zużywa się zazwyczaj stosunkowo dużo czasu, ale też tylko takie przyrządy mogą być należycie wyzyskane i odpowiadają celowi. Przyrządy, wykonane niestarannie, tandetnie, są wprawdzie tańsze, zawodząc

[1] Niniejsze uwagi, dotyczące sposobu posługiwania się naszą „Ramą z kompletem przyrządów do mechaniki" przy wykładach i ćwiczeniach, mają służyć jedynie, jako praktyczne wskazówki co do sposobu użycia i należytego wyzyskania wszystkich przyrządów, objętych kompletem, i bynajmniej nie obejmują swym zakresem rozważań teoretycznych lub metodycznych, któremi zajmują się właściwe podręczniki. Z konieczności jednak wypada wkraczać w powyższe dziedziny, gdyż często niemożliwością jest mówić o technice eksperymentu z zupełnym pominięciem zagadnień teoretycznych.

jednak w użyciu, zniechęcają w końcu nauczyciela i idą do szafy na długi wypoczynek, gdyż nauczyciel będzie ich starannie unikał, aby mu jakiego figla wobec uczniów nie spłatały. [1]

Chcąc zaopatrzyć gabinet fizyczny w przyrządy do doświadczeń z mechaniki, musimy być przygotowani na znaczny wydatek, jeżeli będziemy nabywali oddzielne przyrządy do różnych doświadczeń. Koszt powiększają tu dwie okoliczności:

1) przyrząd służy przeważnie tylko do jednego doświadczenia, poczem zajmuje nieprodukcyjnie dużo miejsca w szafie,
2) w każdym przyrządzie jest część nieistotna — podstawa, która zazwyczaj w pieniężnej wartości przedmiotu odgrywa poważną rolę.

Po za tem musimy zwrócić uwagę na znaczną ilość miejsca, jakiej wymaga przechowywanie takich przyrządów, co przecież nie jest bez znaczenia.

Opracowana i wykonana przez nas „Rama z kompletem przyrządów do mechaniki" (rys. 1) w dużym stopniu ułatwia zaopatrzenie gabinetów szkolnych, dając możność obsłużenia prawie całej dziedziny mechaniki przyrządami o precyzyjnem wykonaniu, przy stosunkowo niewysokiej cenie.

„Rama z kompletem przyrządów do mechaniki" nadaje się zarówno do demonstrowania w czasie wykładu, jak i do ćwiczeń.

Jako dodatnie strony naszego kompletu podkreślić należy:

1) Doświadczenia są ustawiane na ramie dosyć wysoko, wskutek czego są widoczne z większej odległości.
2) Każde doświadczenie trzeba konstruować od początku do końca, co szczególniej przy ćwiczeniach jest wskazane.
3) Te same przyrządy i części służą do różnorodnych doświadczeń, są więc należycie wyzyskane.
4) Przez usunięcie indywidualnych podstaw obniżamy cenę kompletu, przy zachowaniu dokładności działania kosztownych przyrządów.

---

[1]) Tu nawiasem zwrócimy uwagę, że eksperymentowanie wyłącznie na przyrządach, wykonanych przez uczniów, właśnie w tym dziale może być zawodne, gdyż takie przyrządy nie posiadają zazwyczaj owej drobiazgowej precyzji w wykonaniu i przezornej umiejętności w konstrukcji, jaką odznaczają się przyrządy, wykonane przez specjalistów.

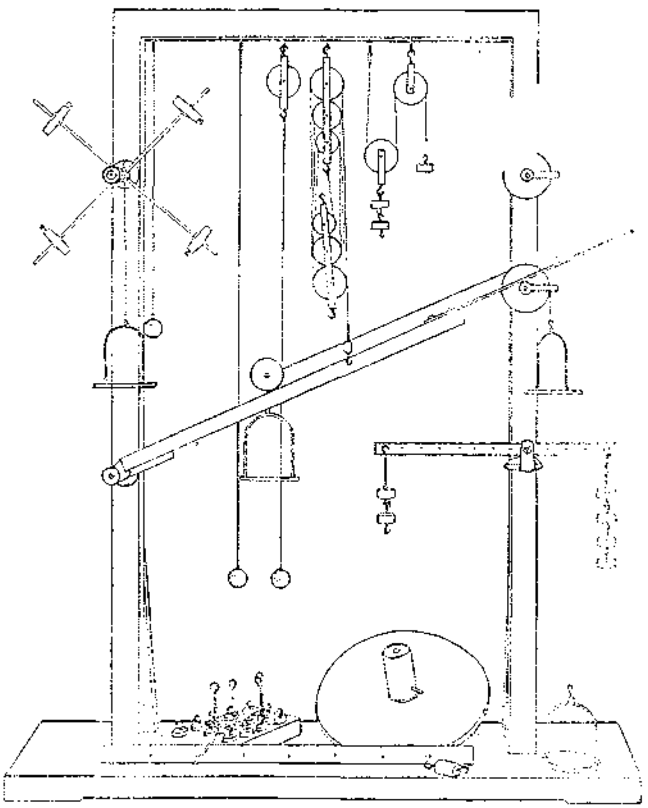
Z pewnych jednak względów byłoby może wskazanem aby niektóre łatwe i proste przyrządy mogły być wykonywane i przez uczniów.

Pożytek z tego byłby dwojaki:

1. świadoma swego celu praca, dokonana przez ucznia, byłaby kształcącą;

2. użyty w następstwie przyrząd, precyzyjnie przez fachowca wykonany, budziłby w uczniu swojem sprawnem działaniem taką skalę i taką rozmaitość zainteresowań, jakie nie będą przez ucznia przeżyte, jeżeli on bezpośrednio korzysta z gotowego przyrządu.

5) Komplet nasz zajmuje niewiele miejsca, jest więc łatwy do przechowania.
6) Składowe części kompletu, jako niezbyt duże, mogą być przechowywane w jakiemkolwiek pudełku, a tem samem delikatne części przyrządów mniej są narażone na uszkodzenia, kurz i wpływy atmosferyczne.



Rys. 1.

W skład naszego kompletu wchodzą:
1) Rama drewniana, 100 cm. wysoka i 52 cm. szeroka (w świetle), na podstawie drewnianej 85 $\times$ 30 cm., z 7-miu haczykami w górnej belce i 2-ma otworami z lewej strony. Rama służy za uniwersalną podstawę do ustawienia doświadczeń.
2) Dźwignia metalowa, przytwierdzana do ramy specjalnym zaciskiem.
3) Równia pochyła z osią, przytwierdzaną do ramy (ta sama oś używa się do kołowrotu i krzyżaka Oberbecka).
4) Wózek mosiężny, wagi 150 g., do doświadczeń z równią pochyłą.

5) 2 bloki mosiężne precyzyjne, o bardzo małem tarciu, krążki wagi 100 g., dokładnie wyregulowane, z zaciskami, pozwalającemi przytwierdzać bloki w każdem miejscu ramy. Używane są do zmiany kierunku sił (przy doświadczeniach z dźwignią, równią pochyłą, z siłami rozbieżnemi i równoległemi i t. p.).

6) 13 ciężarków mosiężnych, po 50 g. każdy, umieszczonych na deseczce: 10 ciężarków posiada z dwu stron haczyki do zawieszania, 3 zaś mają z jednej strony podwójne długie haczyki do zawieszania na dźwigni oraz zwykłe haczyki z drugiej strony.

7) Linijka drewniana podzielona, z przesuwaną rameczką aluminjową do zawieszania ciężarków, z blaszkami na końcach do przytwierdzania sznurków. Służy do doświadczeń ze składaniem i równowagą sił równoległych.

8) Krzyżak Oberbecka, składający się ze skrzyżowanych prętów metalowych, na których znajdują się 4-ry przesuwane ciężarki. Przyrząd ten obraca się na osi (używanej również do kołowrotu i równi pochyłej). Za pomocą krzyżaka Oberbecka można pokazać: trzy przypadki równowagi, moment bezwładności przy ruchu obrotowym i zasadę metronomu.

9) Kołowrót. Składa się z koła drewnianego z wyżłobieniem, o średnicy 20 cm. (w wyżłobieniu), oraz wału drewnianego, 4 cm. średnicy. Obraca się na żelaznej osi (tej samej, która używa się przy równi pochyłej i krzyżaku Oberbecka). Dla zmniejszenia tarcia w otworze wału osadzone są rurki metalowe z krawędziami.

10) 2 bloczki aluminjowe w mosiężnej oprawce, z jednym haczykiem, średnicy 4 cm. w wyżłobieniu. Lekkie i o małem tarciu.

11) Bloczek aluminjowy, jak poprzednie, z dwoma haczykami.

12) Wielokrążek aluminjowy. Składa się z dwuch szeregów kółek zmniejszających się, w metalowych oprawkach (zamiast niego może być wielokrążek o kółkach równoległych, jednakowej wielkości).

13) Dwie szalki mosiężne, wagi po 50 g., z haczykami do zawieszania. Posiadając tę samą wagę, co i ciężarki, należące do kompletu, mogą stanowić w pewnych wypadkach ich uzupełnienie, przyczem dają możność operowania zwykłemi odważnikami.

14) Trzy deseczki 95 × 95 × 20 mm., o jednej powierzchni gładkiej, drugiej szorstkiej, z dwoma haczykami. Służą do pokazania spółczynnika tarcia. Układamy je na desce równi pochyłej, umieszczonej na ramie poziomo.

15) 2 kulki mosiężne niklowane, z uszkami, 3 cm. średnicy, do doświadczeń z wahadłem.

16) 2 kulki drewniane, 3 cm. średnicy, do doświadczeń z wahadłem.

17) 2 ciężarki ołowiane, służące do zrównoważenia ciężaru linijki przy składaniu sił równoległych i do zrównoważenia oprawki z bloczkami przy wielokrążkach.
18) 1 ciężarek mały cylindryczny z dwoma haczykami, służący do zrównoważenia bloczka ruchomego.

PRZYKŁADY DOŚWIADCZEŃ, JAKIE MOŻNA WYKONAĆ PRZY POMOCY „RAMY Z KOMPLETEM PRZYRZĄDÓW DO MECHANIKI"

I. SKŁADANIE I RÓWNOWAGA SIŁ ROZBIEŻNYCH. [1]

Dwa bloki precyzyjne mosiężne przytwierdzamy z pomocą zacisków do ramy. Przez bloki przerzucamy sznurek cienki a mocny i obciążamy go na każdym końcu 3-ma ciężarkami 50-gramowemi. Na odcinku sznura pomiędzy blokami przywiązujemy kawałek sznurka, zwisającego ku dołowi, i zawieszamy na nim 3 ciężarki 50-gramowe (rys. 2).

Zbudowaliśmy taki układ: Na punkt, w którym zbiegają się trzy sznurki (w którym sznurek jest załamany), działają trzy siły rozbieżne, w kierunkach: 1) na lewo wzwyż, 2) na prawo wzwyż, 3) pionowo w dół. Dwie pierwsze siły równoważą siłę trzecią, ta zaś jest równoważona przez dwie siły pierwsze. Trzecia siła mogłaby być zrównoważona przez siłę czwartą (na przyrządzie nie istniejącą), o wielkości liczbowej siły trzeciej. Tę czwartą siłę należałoby przyczepić w miejscu załamania sznurka i skierować pionowo do góry. Czwarta siła spełniałaby w stosunku do siły trzeciej czynność taką samą, jaką spełniają na przyrządzie dwie pierwsze siły wobec tej samej trzeciej, czyli: ta czwarta siła mogłaby zastąpić dwie siły pierwsze w stosunku do siły trzeciej. Dwie siły pierwsze nazwano w stosunku do czwartej s k ł a d o w e m i, zaś siłę czwartą w stosunku do pierwszej i drugiej — s i ł ą w y p a d k o w ą.

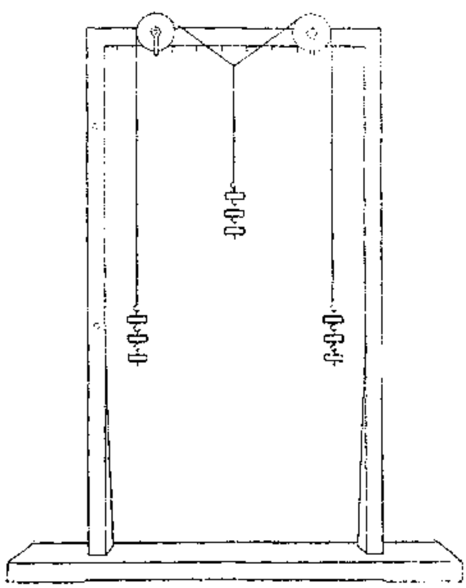
[1] Literatura:

J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct 1923, str. 52.
B. Gawęcki. *Zasady mechaniki ogólnej.* Lwów 1922. Str. 42.
W. Żłobicki. *Wiadomości z fizyki.* Lwów 1912. Str. 151.
St. Kalinowski. *Fizyka I,* wyd. IV. Warszawa 1926. Str. 103.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki.* 1926. Str. 48.
A. Witkowski. *Zasady Fizyki I.* Warszawa 1915. Str. 94.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja,* cz. II, wyd. III. Str. 165-167.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana.* 1926. Str. 37.
K. Sporzyński i J. Wyczałkowski. *Fizyka I.* Str. 49.
E. Warburg. *Zasady fizyki.* 1903.

Dane (a) i wyniki liczbowe (b):

a) wielkość siły pierwszej = 150 g.
„ „ drugiej = 150 g.
„ „ trzeciej = 150 g.

Kąt pierwszy — pomiędzy kierunkiem działania siły pierwszej a kierunkiem działania siły drugiej — wynosi 120°, kąt drugi — pomiędzy kierunkiem działania siły drugiej a kierunkiem działania siły trzeciej — wynosi 120°, kąt ostatni, trzeci, wynosi 120°.



Rys. 2.

b) wyniki:
wielkość siły czwartej (wyobrażalnej) wynosi 150 g.; siła trzecia (150 g.) równoważy siły: pierwszą (150 g.) i drugą (150 g.);
siła (wyobrażalna) czwarta (150 g.) zrównoważy siłę trzecią (150 g.);
zatem siła (wyobrażalna) czwarta (150 g.) — wypadkowa — z a s t ą p i siły: pierwszą (150 g.) i drugą (150 g.) — składowe.

Zbudować (przy pomocy szalek) zrównoważony układ:

siła pierwsza 150 g.
„ druga 200 g.
„ trzecia 250 g.

Wyznaczyć kąty, odpowiadające kątom poprzedniego układu.

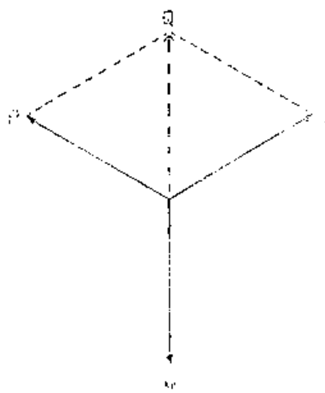
Pokazać, że liczbowa wartość siły wypadkowej będzie:

a) mniejsza od sumy liczbowych wartości sił składowych,
b) większa od różnicy pomiędzy liczbowemi wartościami sił składowych.

II. RÓWNOLEGŁOBOK SIŁ.

Zachowujemy układ sił ćwiczenia pierwszego. Na arkuszu szarego pakowego papieru stawiamy ołówkiem punkt, odpowiadający temu punktowi na przyrządzie, w którym jest załamany sznurek. Przy oznaczonym na papierze punkcie budujemy trzy kąty, równe trzem kątom przy punkcie załamania sznurka.

Na trzech wykreślonych prostych odmierzamy od punktu wierzchołkowego kątów trzy odcinki, przyjmując np., że każde 50 g. odpowiadać będzie 2 cm., to znaczy — trzy odcinki długości po 6 cm. Jeżeli przystawimy rysunek do sznurków tak, by te dwa układy wzajemnie się kryły, wtedy odpowiednie odcinki oznaczymy przez P, S, Q, (rys. 3), jako odpowiadające na przy-



Rys. 3.

rządzie siłom: pierwszej, ciągnącej na lewo do góry, drugiej, ciągnącej na prawo do góry, trzeciej, ciągnącej pionowo w dół. Końce tych odcinków zaopatrujemy odśrodkowemi strzałkami.

Tak sporządzony rysunek obrazuje równowagę trzech wiadomych sił, czynnych na przyrządzie.

Budujemy z pomocą cyrkla i linjału (ew. trójkąta i linjału) równoległobok na odcinkach P i S. W równoległoboku tym prowadzimy przekątną Q_1 ze strzałką na jej końcu w kierunku odśrodkowym, a poczętą w punkcie wyjścia odcinków P, S, Q.

W rysunku dokładnym winno być:

a) $Q_1 = Q$,

b) przekątna Q_1 i odcinek Q leżą na jednej prostej.

Mówimy:

1) Wielkość i kierunek odcinka Q_1 odpowiadają wielkości i kierunkowi siły, która zrównoważy siłę Q.

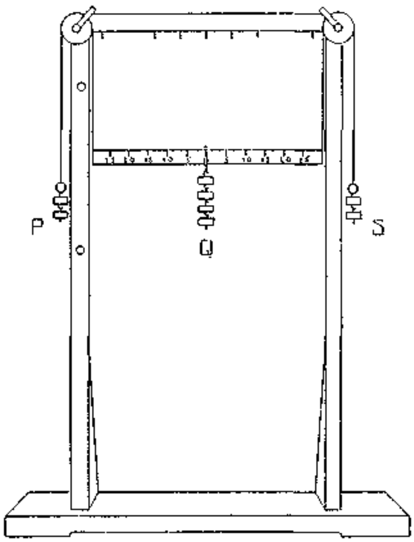
2) Odcinek Q_1 odpowiada wielkości i kierunkowi siły, zastępującej w stosunku do siły Q siły P i S, t. zn., siła Q_1 jest wypadkową sił P i S.

Zastosować metodę powyższą do sił:

P = 150 g.
S = 200 g.
Q = 250 g.

III. SKŁADANIE SIŁ RÓWNOLEGŁYCH.[1]

Przez bloki mosiężne, przytwierdzone do poprzecznej belki ramy, przerzucamy dwa sznurki, przytwierdzone drugiemi końcami do końcowych okuć drewnianej linijki, tak, aby odcinki sznurków od linijki do bloków były równoległe (wyregulować przez odpowiednie rozsunięcie bloków). Ciężar linijki należy zrównoważyć ołowianemi ciężarkami, zawieszonemi na końcach przerzuconych przez bloki sznurków (rys. 4).



Rys. 4.

[1] Literatura:
J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct 1923. Str. 52.
St. Kalinowski. *Fizyka I,* wyd. IV. Warszawa 1926. Str. 120.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki.* 1926. Str. 47.
A. Witkowski. *Zasady Fizyki I.* 1915. Str. 171.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja,* cz. II, wyd. III. Str. 170—174.
K. Sporzyński i J. Wyczałkowski. *Fizyka I.* Str. 71.

Obciążamy teraz zwisające końce sznurków jednakowemi ciężarkami, np. po 100 g. (t. zn. po 2 ciężarki). Równowagę układu osiągniemy wtedy, gdy, przesunąwszy aluminjową ramkę na środek linijki, zawiesimy na niej 200 g. (4 ciężarki).

Jest to układ, w którym działają trzy siły:

pierwsza — lewa (P) — ciągnie pionowo ku górze;

druga — prawa (S) — do pierwszej równoległa i kierunku z nią zgodnego, ciągnie pionowo ku górze;

trzecia — środkowa (Q) — ciągnie pionowo w dół.

Pierwsze dwie siły równoważą siłę trzecią, i same równocześnie są przez nią równoważone. Jednak ta trzecia siła może być prościej zrównoważona — przez jedną siłę, jeżeli:

a) wielkość tej ostatniej będzie równa sile trzeciej;
b) jej kierunek będzie przeciwny w stosunku do kierunku siły trzeciej;
c) siła ta będzie przyczepiona w tym samym punkcie, w którym jest przyczepiona siła trzecia.

Wtedy ta nowa siła spełni względem siły trzeciej to samo, co czynią na przyrządzie siły czynne — pierwsza i druga — to znaczy, że nowa siła może zastąpić w stosunku do siły trzeciej działanie pierwszych dwuch.

Mówimy: dwie siły, równoległe do siebie, równe sobie co do ich wielkości, działające zgodnie, mogą być zastąpione przez siłę jedną, równoległą do sił powyższych, której wielkość będzie sumą tych, które ona zastępuje; której kierunek będzie zgodny z kierunkiem sił, które ona zastępuje; której punkt przeczepienia będzie w środku pomiędzy punktami przyczepienia dwuch pierwszych sił.

Zbudować zrównoważony układ sił:

dwie siły, na końcach linijki przyczepione, działające pionowo ku górze (względem siebie równoległe), wielkości 50 g. i 200 g.,

równoważąca = 250 g.

Oczywiście, wypadkowa dwuch pierwszych sił będzie równać się co do wielkości sile równoważącej.

Znaleźć:

a) punkt przyczepienia równoważnej;
b) dwie odległości pomiędzy punktem przyczepienia równoważnej, a punktami przyczepienia składowych.
c) sprawdzić, czy stosunek pomiędzy temi odległościami jest odwrotny do stosunku pomiędzy odpowiedniemi wielkościami sił składowych.

Równowaga poprzedniego układu trzech sił może być rozważana z innego punktu widzenia:

Siła, wielkości 50 g., skierowana pionowo ku górze, wraz z siłą 250 g., skierowaną pionowo ku dołowi, mogą być uważane za dwie siły składowe,

trzecia zaś siła 200 g., skierowana pionowo ku górze, będzie wtedy siłą, równoważącą dwie pierwsze siły. Pomyślana przez nas siła czwarta, o wielkości, równej sile trzeciej, przyczepiona w tym samym punkcie, co trzecia siła, zrównoważyłaby tę trzecią, a zatem spełniałaby tę samą czynność, którą na przyrządzie spełniają względem siły trzeciej dwie pierwsze siły. Zgodnie z poprzedniem rozumowaniem, tę siłę czwartą można uważać za zastępującą— wypadkową — dwuch pierwszych sił.

Powyższy przykład daje wypadkową dwuch sił, różnych co do ich wielkości, w różnych punktach przyczepionych, równoległych, o zwrotach przeciwnych. Widzimy, że dwie siły — składowe — o wielkościach 50 i 250 g., do siebie równoległe, o zwrotach przeciwnych, mają wypadkową o wielkości 200 g. (250 g. — 50 g.), która ma punkt swój przyczepienia po stronie siły większej, na prostej, łączącej punkty przyczepienia składowych sił; przyczem, jeżeli wyznaczymy dwie odległości od punktu przyczepienia wypadkowej do punktów przyczepienia składowych, to stosunek pomiędzy temi odległościami będzie odwrotny do stosunku pomiędzy wielkościami sił, do których te odległości należą.

Możemy też przyjąć za składowe dwie siły równoległe, o kierunkach przeciwnych, np. w naszym poprzednim układzie 200 i 250 g. Wtedy równoważącą będzie siła 50 g., równoległa i zgodna co do kierunku z mniejszą ze skłądowych, a więc wypadkowa (o kierunku przeciwnym do równoważącej) działałaby w kierunku większej siły składowej.

Punkt przyczepienia równoważącej, a więc i wypadkowej, leży za większą składową.

IV. DŹWIGNIA DWUSTRONNA.[1]

Przytwierdzamy dźwignię do jednego z boków ramy za pomocą znajdującego się przy niej zacisku (rys. 5). Oś jest punktem podparcia dźwigni, z każdej strony osi mamy ramiona z osadzonemi w nich co 2 cm. pręcikami metalowemi, jako punktami przyczepienia sił. Pozostawiona samej sobie, dźwignia układa się swoją długością w kierunku poziomym.

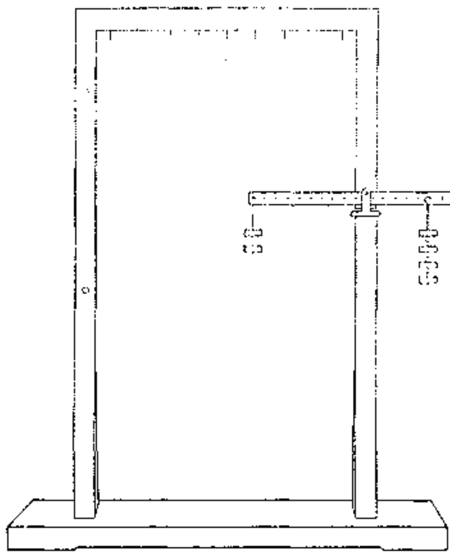
---

[1] Literatura:
J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct. 1923. Str. 75.
W. Złobicki. *Wiadomości z fizyki.* Lwów 1912. Str. 157.
W. Natanson i K. Zakrzewski. *Nauka fizyki I.* Gebethner i Wolff. Str. 153.
St. Kalinowski. *Fizyka I wyd. IV.* Warszawa 1926. Str. 123.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki.* 1926. Str. 49.
A. Witkowski. *Zasady fizyki I.* 1915. Str. 173.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja,* cz. II, wyd. III. Str. 194.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana,* wyd. III. Warszawa 1926. Str. 108.

Zawieszamy na skrajnych pręcikach po 2 jednakowe ciężarki (to znaczy po 100 g. z każdej strony). Stwierdzamy, że poprzednie poziome ułożenie dźwigni nie ulega zmianie.

Pozostawmy obciążenie np. lewej strony dźwigni bez zmiany. Obciążenie strony prawej powiększamy dwukrotnie, zawieszając je jednocześnie dwa razy bliżej osi dźwigni.

Stwierdzamy, że pierwotne poziome ułożenie dźwigni pozostaje bez zmiany.



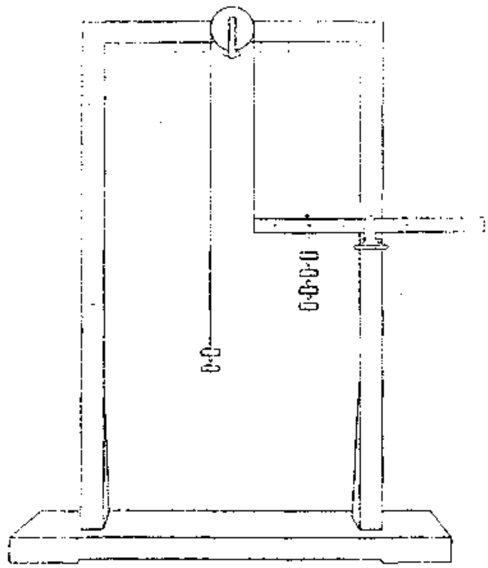
Rys. 5.

Za pośrednictwem powyższego urządzenia można zatem:

1) zmienić kierunek siły równoważącej: bezpośrednie zrównoważenie obciążenia prawej strony 100 g. mogłoby być dokonane siłą 100 g., skierowaną pionowo do góry przy wspólnym dla obu sił punkcie przyczepienia; dźwignia zaś pozwala na zrównoważenie obciążenia 100 g. strony prawej przez siłę 100 g., skierowaną pionowo do dołu, przyczepioną po jej lewej stronie;
2) przenieść punkt przyczepienia siły równoważącej;
3) zmienić, w obecnym wypadku — zmniejszyć — wielkość siły równoważącej: obciążenie strony prawej, 200 g., może być zrównoważone za pośrednictwem dźwigni siłą 100 g., czynną po stronie lewej, o ile stosunek wielkości sił, czynnych po obu stronach dźwigni, będzie odwrotny do stosunku odległości punktów zaczepienia (ramion) tych sił od łożyska (osi) dźwigni.

V. DŹWIGNIA JEDNOSTRONNA.[1]

Nad jednem z ramion dźwigni przytwierdzamy do poprzecznej belki ramy (rys. 6) blok mosiężny, tak aby brzeg krążka przypadał mniej więcej nad końcem ramienia. Przerzucamy przez blok sznurek z zawiązanemi uprzednio na końcach pętelkami. Jeden koniec sznurka zaczepiamy za skrajny pręcik dźwigni, na drugim zawieszamy dwa ciężarki (100 g.). Na tem samem ramieniu dźwigni, w połowie jego długości, zawieszamy stopniowo ciężarki aż do równowagi, którą osiągniemy po zawieszeniu czterech ciężarków (200 g.).



Rys. 6.

Sprawdzić, czy dźwignia ta pozwala na trzy możliwości, stwierdzone w działaniu dźwigni dwustronnej.

---

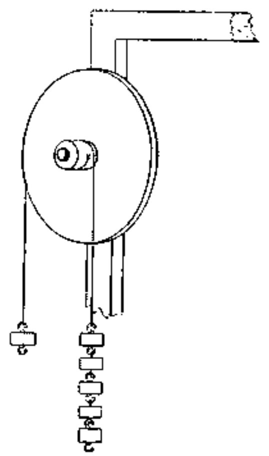
[1] Literatura.

J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct 1923. Str. 78.
W. Żłobicki. *Wiadomości z fizyki.* Lwów 1912. Str. 158.
W. Natanson i K. Zakrzewski. *Nauka fizyki I.* Gebethner i Wolff. Str. 153.
St. Kalinowski. *Fizyka I*, wyd. IV. Warszawa 1926. Str. 123.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki.* 1926. Str. 49.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja*, cz. II, wyd. III. Str. 197.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana.* Warszawa 1926, wyd. III. Str. 110.

VI. KOŁOWRÓT.

W górnym otworze, z boku ramy, umieszczamy oś żelazną, umocowując ją za pomocą nakrętki (przed nakrętką należy na oś założyć podkładkę, żeby nakrętka nie wgniatała się w ramę). Na oś nasadzamy drewniany kołowrót, którego koło ma 20 cm., a wał -- 4 cm. średnicy (zmierzyć przed nasadzeniem na oś), tak, aby wał był zwrócony do frontu, gdyż w przeciwnym razie koło zasłania układ sił.

Przygotowujemy dwa sznurki, możliwie cienkie, na końcach zawiązujemy pętelki; jeden sznurek około 100 cm., drugi — 60 cm długości.



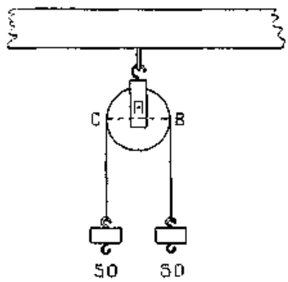
Rys. 7.

Dłuższy sznurek zaczepiamy pętelką za gwoździk, znajdujący się w wyżłobieniu koła, i okręcamy go raz na obwodzie. Krótszy sznurek zaczepiamy za gwoździk na wałku i okręcamy raz w kierunku przeciwnym, niż sznurek na obwodzie koła (rys. 7).

Obciążamy sznurek na obwodzie koła jednym ciężarkiem (50 g.), przytrzymując ręką koniec drugiego sznurka. Potem obciążamy stopniowo drugi sznurek aż do uzyskania równowagi, która nastąpi po zawieszeniu pięciu ciężarków (250 g.). Mniejszy ciężar (50 g.) znajduje się w odległości 10 cm. od środka osi (punktu podparcia), większy (250 g.) — po przeciwnej stronie, w odległości 2 cm., czyli pięć razy bliżej. Widzimy, że do zrównoważenia za pośrednictwem kołowrotu 250 g. wystarcza siła 5 razy mniejsza, działająca w odległości pięć razy większej po przeciwnej stronie punktu podparcia.

VII. BLOK STAŁY.

Zawieszamy bloczek aluminjowy na jednym z haczyków ramy. Przerzucamy przez bloczek sznurek z pętelkami na końcach i obciążamy oba końce sznurka, np. po 50 gr. (rys. 8). Mamy równowagę układu. Odległość punktów przyczepienia sił (za takie punkty uważamy miejsce, od którego siły mają prosty kierunek, wyobrażany sznurkami, to jest miejsce odłączenia się sznurka od obwodu bloku) jest od punktu podparcia (osi bloku) jednakowa,



Rys. 8.

równa promieniowi bloku. Jeżeli jedną z sił uważamy za opór, to dla zrównoważenia tego oporu potrzeba równej mu siły. Jest to jakby inna postać dźwigni równoramiennej. Ponieważ opór ma kierunek ku dołowi, więc siła czynna, przeciwdziałająca oporowi, powinna mieć kierunek przeciwny, ku górze. Za pośrednictwem bloku nieruchomego skierowaliśmy i tę siłę ku dołowi, co jest dla nas dogodniejsze, gdyż możemy użyć ciężarka, jako siły. Chociaż więc blok nieruchomy nie daje nam żadnego zysku na sile, to jednak pozwala zmienić kierunek siły na dogodniejszy dla nas. Zastosowanie w tym względzie widzieliśmy w poprzednich naszych doświadczeniach (np. rozdz. III i V).

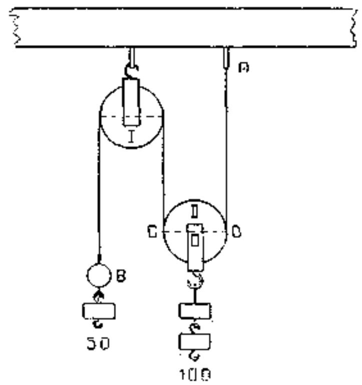
VIII. BLOK RUCHOMY. [1])

Cienki sznurek, około 100 cm. długości, z zawiązanemi na końcach pętelkami, zaczepiamy jednym końcem za haczyk górnej części ramy (A), drugi koniec przewlekamy między oprawką i krążkiem bloczka aluminjowego (II),

[1] Literatura:
J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct. 1923. Str. 88.
B. Gawecki. *Zasady mechaniki ogólnej.* Lwów 1922. Str. 146.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana.* Trzaska, Evert i Michalski 1926. Str. 128.
W. Żłobicki. *Wiadomości z fizyki.* Lwów 1912. Str. 163—164.
St. Kalinowski. *Fizyka I wyd. IV.* Warszawa 1926. Str. 155.
E. Warburg. *Zasady fizyki.* 1903. Str. 18.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja,* cz. II. Str. 18.

który będzie zwisał swobodnie ku dołowi (rys. 9). Zawieszamy na sąsiednim haczyku ramy drugi bloczek (I) i wolny koniec sznurka poprzedniego przerzucamy przez ten nieruchomy bloczek. Zwisający bloczek zwracamy haczykiem ku dołowi, układamy sznurek w wyżłobieniu, poczem równoważymy go specjalnym małym ciężarkiem z dwoma haczykami, zawieszonym na wolnym końcu sznurka (B).

Zawieszamy 50 g. na sznurku pod równoważącym ciężarkiem, przytrzymując wiszący na sznurku bloczek ręką, potem zawieszamy ciężarki na haczyku bloczka aż do osiągnięcia równowagi, która następuje po zawieszeniu



Rys. 9.

100 g. Bloczek, zawieszony na sznurku, nazywamy ruchomym, ponieważ przy podnoszeniu wzgl. opuszczaniu 50 g. bloczek ten obniża wzgl. podnosi się. Bloczek stały służy w tym układzie jedynie do zmiany kierunku siły, działającej ku górze, na kierunek przeciwny, ku dołowi, i nie wpływa na ustosunkowanie sił, co dotyczy również ciężarka, równoważącego własny ciężar bloczka.

Rozejrzyjmy się teraz w naszym układzie. Mamy przyczepiony do ruchomego bloczka opór, wynoszący 100 g., zrównoważony siłą czynną 50 g., to jest dwa razy mniejszą. Jest tu stosunek taki sam, jak przy dźwigni jednostronnej, kiedy ramię oporu jest dwa razy krótsze od ramienia siły czynnej.

Jak blok stały może być uważany za pewną postać dźwigni równoramiennej, tak samo blok ruchomy ustosunkowuje się do dźwigni jednostronnej, mającej ramię oporu (OD) dwa razy krótsze od ramienia siły czynnej (CD).

Wszystkie trzy punkty: podparcia, przyczepienia oporu i przyczepienia siły czynnej znajdują się na jednej linji prostej — średnicy krążka. (Dla lepszego unaocznienia można nakreślić ołówkiem średnicę na bloczku i ustawić ją prostopadle do oprawki bloczka).

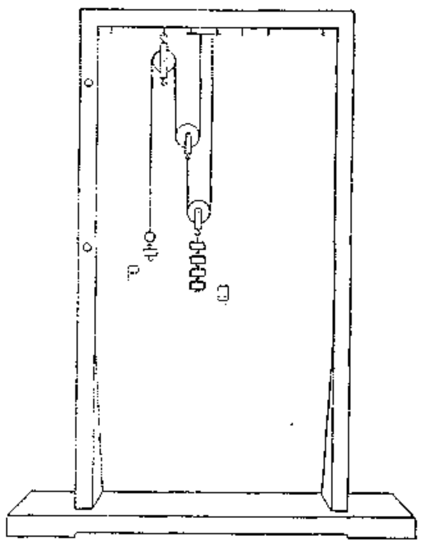
Zobaczymy teraz, jakie jest ustosunkowanie dróg, przebytych przez opór 100 g. i siłę, nieco większą niż 50 g., czynną podczas pracy, wykonywanej za pomocą bloku ruchomego.

Sprowadzamy w naszym układzie ciężarek, wyobrażający siłę czynną, na taką wysokość, aby jego haczyk był na jednym poziomie z osią bloczka ruchomego. Mierzymy metrem, ustawionym pionowo na podstawie ramy, odległość od podstawy ramy do środka bloczka (a więc i do miejsca zawieszenia ciężarka siły). Trzymając metr pionowo za blokiem, ciągniemy drugą ręką za sznurek i podnosimy bloczek z obciążeniem na pewną oznaczoną z góry na metrze wysokość, np. 10 cm., poczem zatrzymujemy układ i mierzymy metrem odległość od podstawy do haczyka przy ciężarku siły. Różnica pomiędzy poprzednią a obecną wysokością ciężarka, czyli droga, przebyta przez siłę czynną podczas wykonanej pracy, jest dwa razy krótsza od drogi oporu.

Przy użyciu bloku ruchomego zyskujemy na sile, a za to tracimy na drodze w tym samym stosunku.

IX. UKŁAD Z 2 BLOKÓW RUCHOMYCH.

Do poprzedniego układu dodajemy jeszcze jeden blok ruchomy, w ten sposób, że do haczyka bloku ruchomego, na miejsce ciężarków, przyczepiamy sznurek, około 60 cm. długi; zawieszamy na sznurku blok ruchomy w ten sam sposób, jak to robiliśmy poprzednio, drugi koniec sznurka zaczepiamy za najbliższy haczyk ramy. Drugi bloczek ruchomy będzie poniżej pierwszego, zwrócony haczykiem ku dołowi (rys. 10). Dla zrównoważenia własnego cię-



Rys. 10.

żaru 2 bloczków ruchomych zawieszamy na końcu sznurka (P) ołowiany ciężarek; przez to osiągamy równowagę.

Zawieszamy teraz na końcu sznurka (P) 50 g., a pod drugim blokiem ruchomym zawieszamy stopniowo ciężarki aż do uzyskania równowagi układu.

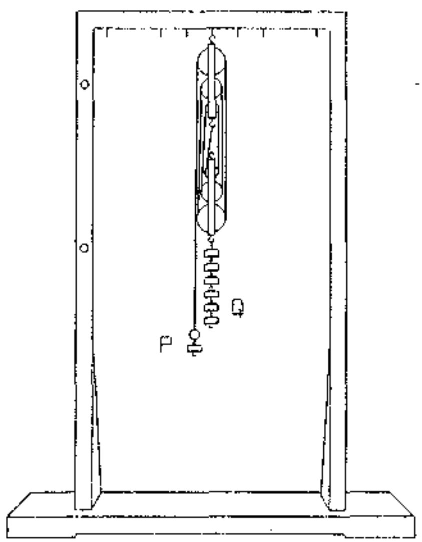
Równowagę osiągamy po zawieszeniu 4 ciężarków (200 g.).

Przy zastosowaniu układu z 2 bloków ruchomych stosunek siły czynnej (P) do oporu (Q) ma się, jak 1 : 4, lub 1 : 2^2, ogólnie: 1 : 2^n, gdzie n oznacza ilość bloków ruchomych. Stąd nazwa: blok (złożony) potęgowy.

Stosunek dróg oporu i siły czynnej jest odwrotny do ich wielkości (sprawdzić).

X. WIELOKRĄŻEK SZEREGOWY (KROTNY).[1]

Oprawkę z trzema bloczkami aluminjowemi zawieszamy na haczyku ramy, największym krążkiem ku górze (rys. 11). Do dolnego haczyka oprawki przytwierdzamy cienki sznurek, około 250 cm. długości. Drugą oprawkę



Rys. 11.

[1] Literatura:

J. Chełmiński. *Fizyka I.* M. Arct 1923. Str. 90.

B. Gawecki. *Zasady mechaniki ogólnej.* Lwów 1922. Str. 146.

St. Krasuski. *Mechanika stosowana.* Trzaska, Evert i Michalski. 1926. Str. 129.

St. Kalinowski. *Fizyka I,* wyd. IV. Warszawa. 1926. Str. 155.

L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja,* cz. II, wyd. 3, str. 212.

E. Warburg. *Zasady fizyki.* 1903. Str. 19.

z bloczkami trzymamy pod pierwszą najmniejszym krążkiem ku górze, przewlekamy wolny koniec sznurka pod najmniejszym krążkiem, układamy sznurek w rowku krążka i podciągamy sznurek ku górze, żeby dolna oprawka z bloczkami zawisła na najmniejszym krążku, obciągając swoim ciężarem sznurek. Teraz jedną ręką przytrzymujemy sznurek, drugą przewlekamy koniec sznurka nad najmniejszym krążkiem górnego szeregu bloczków, obciągamy sznurek i przytrzymujemy po drugiej stronie, wciąż bacząc na to, żeby nawinięty na bloczki sznurek był wyprężony. W ten sam sposób nawijamy sznurek na następne pary bloczków, poczem zawieszamy na końcu mały ciężarek dla zrównoważenia własnego ciężaru dolnego szeregu bloczków.

Zawieszamy na sznurku 50 g. i przytrzymujemy ciężarek ręką. Na haczyku dolnej oprawki bloczków zawieszamy stopniowo ciężarki aż do równowagi (6 ciężarków, 300 g.). Opór 300 g. równoważy się siłą czynną 50 g., a więc 6 razy mniejszą.

Mamy tu trzy bloki ruchome w dolnej oprawce oraz trzy bloki stałe, służące jedynie do zmiany kierunku sił, w górnej oprawce.

W zasadzie sześć równoległych sznurów ciągną 300 g. ku górze; na każdy sznur przypada $^1/_6$ od 300 g., to jest 50 g.; Stąd na siłę Q = 300 g. za pośrednictwem górnego bloku nieruchomego przypada siła P = 50 g.

Sprawdzić stosunek dróg oporu i siły czynnej przy użyciu wielokrążka.

XI. RÓWNIA POCHYŁA. [1])

Żelazną oś przytwierdzamy w dolnym otworze ramy (rys. 12) i umieszczamy na niej podziałką do frontu równię pochyłą, którą opieramy żelazną szyną na oprawce bloku precyzyjnego, przytwierdzonego po przeciwnej stronie ramy (zwrócić uwagę, żeby szyna nie dotykała krążka, powodując tarcie).

Zniżając blok, podpierający równię, ustawiamy ją poziomo (przy pomocy poziomnicy), poczem na wysokości powierzchni równi przeciągamy poziomo sznur A B, mocując go na pionowych słupach ramy w punktach A i B. Sznurek będzie zaznaczał podstawę równi pochyłej.

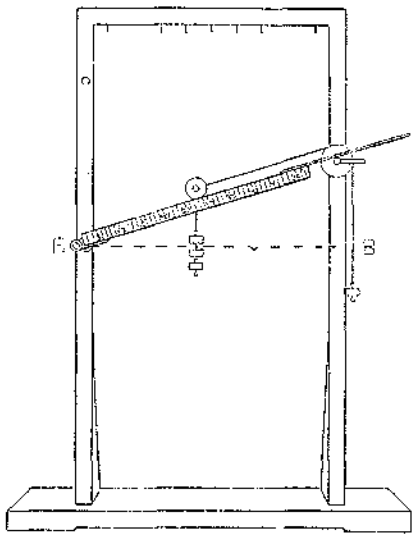
a) **Siła czynna równoległa do długości równi pochyłej.**

Podnosimy blok, podpierający równię pochyłą, tak, aby koniec górnej powierzchni deski znalazł się na wysokości 10 cm. (rys. 12), licząc od prze-

[1] Literatura:
St. Kalinowski. *Fizyka I*, wyd. IV. Warszawa 1926. Str. 153.
A. Witkowski. *Zasady fizyki I*. Warszawa 1915. Str. 134.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja*, cz. II, wyd. 3. Str. 213.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana*. 1926. Str. 122.
E. Warburg. *Zasady fizyki*. 1903. Str. 22.
B. Gawecki. *Zasady mechaniki ogólnej*. Książnica-Warszawa. Str. 110.

ciągniętego poziomo sznura, który wyobraża podstawę równi (mierzy się przy pomocy metra, ustawionego pionowo za równią).

Na desce równi ustawiamy wózek mosiężny z przywiązanym do najszerszego strzemiączka sznurkiem, około 50 cm. długości. Sznurek przerzucamy przez blok, na którego oprawce wspiera się równia, a na wolnym końcu sznurka zawieszamy jeden ciężarek (50 g.), poczem dla osiągnięcia równowagi zawieszamy na haczyku pod wózkiem 100 g. Wózek z obciążeniem stanowi



Rys. 12.

opór (150 g. + 100 g. = 250 g.), 1 ciężarek na sznurku — siłę czynną (50 g.), i przy obecnem nachyleniu (spadku) równi układ cały jest w równowadze. Wielkość nachylenia równi, czyli wielkość spadku, oznacza się stosunkiem wysokości równi (od sznurka, wyobrażającego podstawę, do górnej powierzchni deski na wzniesionym końcu) do długości równi (samej tylko deski). W naszem doświadczeniu stosunek ten wyraża się 1 : 5, i ustosunkowanie siły czynnej do oporu jest takie samo.

Jeżeli ustawimy równię tak, że wysokość jej będzie wynosiła 25 cm., to znaczy, stosunek wysokości do długości będzie 1 : 2, musimy wtedy, zachowując wielkość oporu 250 g., powiększyć siłę czynną do 125 g. (użyć szalki i odważników), aby otrzymać równowagę.

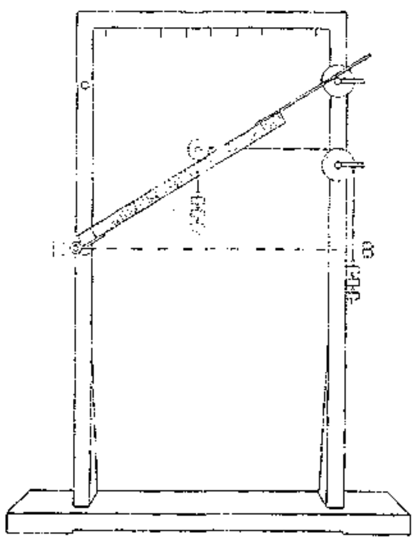
Siła czynna jest tyle razy mniejsza od oporu, ile razy wysokość równi mniejsza od jej długości.

Im mniejszy spadek równi pochyłej, tym mniejszej potrzeba siły do pokonania oporu.

Uwagi: 1) Wózek trzeba starannie naoliwić. 2) Ustawić go pośrodku równi, możliwie prostopadle do sznurka, wyobrażającego kierunek siły czynnej; w przeciwnym razie przy poruszeniach wózek będzie spadał z równi. 3) Stosunkowo duże tarcie związane z użyciem wózka, wpływa ujemnie na wyniki, to też musimy zrezygnować ze zbyt wielkiej dokładności i zadowolnić się rezultatami w przybliżeniu, używając większych oporów.

b) **Siła czynna równoległa do podstawy równi.**

Blok, służący za oparcie dla równi, przytwierdzamy na wysokości 26 cm. (rys. 13), licząc od podstawy równi (AB). Drugi blok przytwierdzamy po-



Rys. 13.

środku między podstawą i tamtym blokiem. Sznurek od wózka przerzucamy przez dolny blok i obciążamy trzema ciężarkami (150 g.), a pod wózkiem zawieszamy ciężarki aż do osiągnięcia równowagi (3 ciężarki = 150 g.). Mamy więc opór na równi 300 g. (wózek 150 g. + ciężarki 150 g.) i siłę czynną 150 g. Siła czynna jest teraz równoległa do podstawy równi (równoległość wyregulować przesuwaniem wózka). Oznaczamy wielkość spadku równi przez porównanie jej wysokości z długością podstawy. Radzimy sobie w ten sposób: sznurek z przywiązanym doń ciężarkiem, jako pionem, przykładamy do górnej powierzchni na wzniesionym końcu deski (równi); na sznurku poziomym, wyobrażającym podstawę równi, w miejscu skrzyżowania ze sznurkiem pionowym, zawieszamy nasz najmniejszy ciężarek — i w ten sposób będziemy mieli zaznaczony dwoma punktami (koniec równi i nasz ciężarek na podstawie) kierunek pionowy, na którym mamy mierzyć wysokość równi. Mierzymy — wysokość wynosi 22,5 cm. Długość podstawy (od końca

równi przy osi do zawieszonego na sznurku, wyobrażającym podstawę, ciężarka) wynosi 45 cm. Widzimy, że stosunek wysokości równi do długości jej podstawy wynosi 1 : 2 i stosunek siły czynnej do oporu również 1 : 2 (150 i 300 g.).

Uwaga: Mierzenie długości podstawy równi lepiej wykonać przy pomocy sznurka, gdyż z metrem nie mamy należytego dostępu.

Podnosimy blok, służący za oparcie dla równi, na wysokość 50 cm. od podstawy równi, drugi blok — na połowę tej wysokości. Konstruujemy doświadczenie podobnie, jak poprzednie. Siła czynna wielkości 150 g. utrzyma w spoczynku opór wózka (150 g.) Cały układ będzie w równowadze. Wysokość równi mamy 36 cm. i długość podstawy również 36 cm. Stosunek wysokości i podstawy 1 : 1, stosunek siły czynnej i oporu 1 : 1.

Przy użyciu siły czynnej, równoległej do podstawy równi, mamy stosunek siły do oporu taki sam, jak stosunek wysokości równi do jej podstawy.

Jeżeli porównamy siłę czynną, równoległą do długości równi, i siłę czynną, równoległą do podstawy równi, przy tym samym oporze i tym samym spadku równi, to przekonamy się, że użycie siły, równoległej do długości równi, jest korzystniejsze, gdyż wymaga mniejszej siły do pokonania oporu.

W ten sposób można przeprowadzić szereg ćwiczeń przy rozmaitem ustosunkowaniu sił i długości.

Gdzie nie wystarczają 50-gramowe ciężarki, można posiłkować się szalkami i zwykłemi odważnikami.

XII. TRZY RODZAJE RÓWNOWAGI. [1])

Na osi żelaznej, przytwierdzonej w górnym otworze ramy, umieszczamy krzyżak Oberbecka (rys. 14).

a) **Równowaga obojętna:**

Przesuwamy wszystkie cztery ciężarki na jednakową odległość od osi (posługiwać się szablonikiem, wyciętym ze sztywnej tekturki). W jakiemkolwiek położeniu ustawimy krzyżak, w takiem położeniu pozostanie. Jest to przykład równowagi obojętnej. Środek ciężkości krzyżaka przypada pośrodku między ciężarkami, w punkcie podparcia, na osi, ponieważ ciężarki są jednakowego ciężaru i są jednakowo oddalone od osi.

b) **Równowaga stała:**

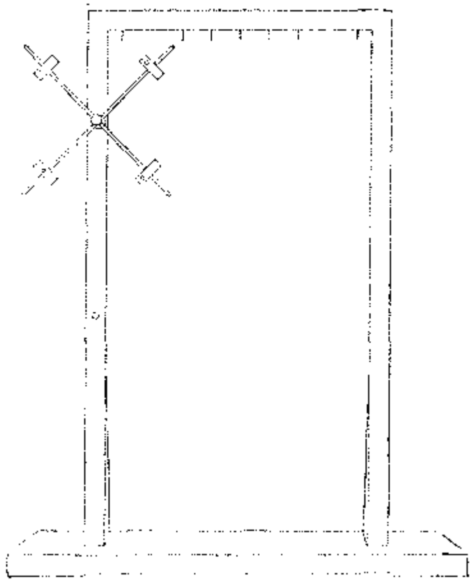
Trzy ciężarki — lewy, górny i prawy — przysuwamy jaknajbliżej osi, czwarty — dolny — odsuwamy na dolny koniec pręta. Jest to przykład równowagi stałej. Środek ciężkości krzyżaka znajduje się poniżej punktu zawieszenia

[1] Literatura:
A. Witkowski. *Zasady fizyki I.* 1915. Str. 177.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja*, cz. II, wyd. 3. Str. 184 — 186.

układu i dąży do zajęcia najniższego położenia: krzyżak, odchylony od pozycji spoczynku w granicach 0° — 90°, wraca do tej samej pozycji spoczynku.

c) **Równowaga chwiejna:**

Każdy przykład równowagi stałej możemy zamienić na przykład równowagi chwiejnej, obracając krzyżak o 180°. Wtedy środek ciężkości z pod



Rys. 14.

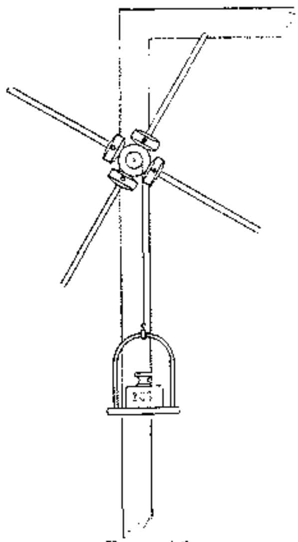
punktu podparcia przeniesie się nad punkt podparcia i będzie na linji pionowej, przechodzącej przez punkt podparcia. Przyrząd jest w równowadze. Skoro jednak odpowiednio go poruszymy, układ nie wraca do sytuacji poprzedniej, z której go poruszono, a ustawia się on w równowadze stałej. Jest to przykład równowagi chwiejnej.

XIII. PRZEMIANA ENERGJI POTENCJALNEJ NA KINETYCZNĄ. [1])

Krzyżak Oberbecka osadzamy na osi, jak wyżej. Cienki sznurek, około 1 metra długości, zaczepiamy jednym końcem za sztyfcik między skrzyżowanemi prętami, nawijamy na buks krzyżaka od strony frontowej, bacząc, aby zwoje sznurka leżały obok siebie dosyć luźno, zwłaszcza w ostatnich nawi-

[1] Literatura:
St. Kalinowski. *Fizyka I*, wyd. 4. Warszawa 1926. Str. 173 — 174.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki*. 1926. Str. 60.
K. Sporzyński i J. Wyczałkowski. *Fizyka I*, Str. 78.
E. Warburg. *Zasady fizyki*. 1903. Str. 16.

nięciach, dla uniknięcia tarcia. Na zwisającym końcu sznurka zawieszamy szalkę. Ciężarki na krzyżaku przysuwamy jaknajbliżej osi, na jednakową od niej odległość (rys. 15). Kładziemy na szalkę odważnik 200-gramowy, otrzymując obciążenie wraz z szalką 250 gramów. Krzyżak zaczyna obracać się naokoło osi, z początku powoli, lecz wkrótce szybkość znacznie wzrasta.



Rys. 15.

Nawijamy znowu sznurek, odsuwamy ciężarki wahadła do samego końca prętów, nie zmieniając obciążenia. Obrót krzyżaka zaczyna się jakby z większą trudnością i odbywa się znacznie wolniej, aniżeli w pierwszym wypadku. Mamy dwa różne momenty bezwładności: pierwszy jest mniejszy od drugiego. Różnica została spowodowana większemi oddaleniami mas od osi obrotu ciała.

XIV. TARCIE. [1]

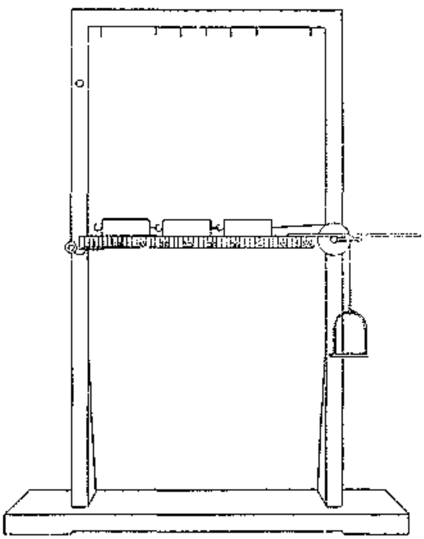
A. Deskę, używaną do równi pochyłej, osadzamy na osi i ustawiamy poziomo (poziomnica!), opierając szynę na oprawce bloka mosiężnego (rys.

---

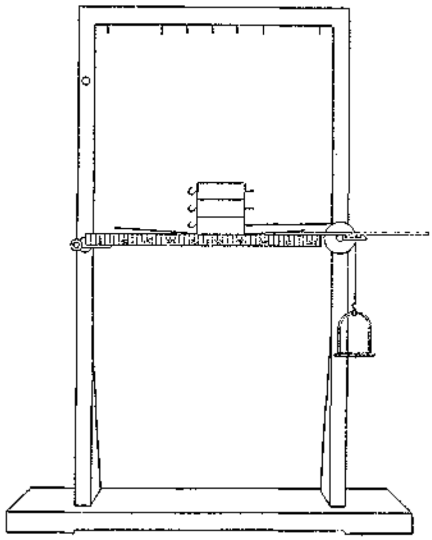
[1] Literatura:
W. Żłobicki. *Wiadomości z fizyki*. Lwów, 1912. Str. 169 — 170.
W. Natanson i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki I*. Gebethner i Wolff. Str. 98 — 99.
St. Kalinowski. *Fizyka I*, wyd. 4. Warszawa, 1926. Str. 279 — 280.
A. Witkowski i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki*, 1926. Str. 51 — 52.
A. Witkowski. *Zasady fizyki I*. 1915. Str. 316 — 317.
L. Koziński i S. Moycho. *Fizyka i chemja*, cz. II, wyd. 3. Str. 142.
St. Krasuski. *Mechanika stosowana*. 1926. Str. 142.
K. Sporzyński i J. Wyczałkowski. *Fizyka I*. Str. 45.
E. Warburg. *Zasady fizyki*. 1903. Str. 23.

16). Układamy na desce jedną za drugą trzy deseczki, zwrócone gładką powierzchnią ku desce, i łączymy je haczykami. Do haczyka pierwszej deseczki przytwierdzamy sznurek, który przerzucamy przez blok i obciążamy na końcu śrutem (śrut nasypywać do lekkiego pudełeczka tekturowego, postawionego na szalce), dopóki deseczki nie zaczną posuwać się ku blokowi. Wielkość obciążenia sznurka odpowiada wielkości tarcia deseczek.

B. Jeżeli ułożymy deseczki jedną na drugiej, zmniejszając w ten sposób powierzchnię tarcia trzykrotnie, przekonamy się, że wielkość tarcia nie uległa zmianie.



Rys. 16.



Rys. 17.

Tarcie nie zależy od wielkości powierzchni zetknięcia.

C. Kładziemy na każdą z trzech deseczek ciężarek z krzyżaka Oberbecka. Należy dodać śrutu, do śrutu leżącego na szalce, by zapoczątkować posuwisty ruch deseczek.

Tarcie wzrasta z powiększeniem ciężaru ciała.

D. Modyfikujemy podług B.

E. Pod deseczki podkładamy (rys. 17) jakiś szorstki przedmiot, np. szorstki papier, zardzewiałą blachę, papier naszklony i t. p. i przytrzymujemy go ręką, aby się nie posuwał po desce razem z deseczkami. Obciążając szalkę aż do spowodowania ruchu deseczek po powierzchni podłożonego przedmiotu, przekonamy się, że tarcie wzrosło, zwłaszcza, jeżeli deseczka stykała się również powierzchnią szorstką.

Tarcie zależy od stopnia wygładzenia powierzchni zetknięcia.

F. Jeżeli deseczki położymy nie wprost na desce, lecz na dwu ołówkach o jednakowej średnicy, ułożonych prostopadle do kierunku posuwania się deseczek, zobaczymy, że do poruszenia deseczek potrzeba daleko mniejszej siły (śrutu na szalce).

W toczeniu tarcie jest znacznie mniejsze, niż w posuwaniu.

Uwaga: Przeszkodę do osiągnięcia dokładnych rezultatów pod względem ilościowym stwarzają przy powyższych eksperymentach czynniki uboczne, jak np. bezwładność (do spowodowania ruchu ciała w spoczynku potrzeba większej siły, niż do samego utrzymania ruchu), wszelkie choćby nieznaczne szarpnięcia przy zawieszaniu np. ciężarków i t. p.

Obliczenia spółczynnika tarcia mogą być tylko przybliżone.

XV. WAHADŁO.

A. Zawieszamy kulkę metalową na cienkim mocnym sznurku. Wychylamy ręką kulkę pod kątem około 5° od położenia równowagi i puszczamy wahadło w ruch. Trzymając metr z podziałką równolegle do płaszczyzny wahań, możemy przekonać się, że amplitudy następnych wahnięć stają się coraz mniejsze „zamierają" (wskutek oporu powietrza, tarcia).

B. Zawieszamy obok siebie dwa jednakowe wahadła. Odchyliwszy wahadła niejednakowo, pod różnemi kątami, puszczamy w ruch.

Czasy 25 wahnięć obu wahadeł będą jednakowe, pomimo różnych amplitud.

C. Zawieszamy obok siebie dwa wahadła z metalowemi kulkami, jedno długości 80 cm., drugie cztery razy krótsze (20 cm.) i odliczamy czas 25 wahnięć obu wahadeł. Wahadło, 4 razy krótsze, waha się 2 razy szybciej: okres wahań pierwszego jest dwa razy mniejszy od okresu wahań drugiego.

D. Zawieszamy dwa wahadła, jedno 90 cm. długości, drugie dziewięć razy krótsze (10 cm.).

Krótsze wahadło waha się 3 razy szybciej: okres wahań krótszego wahadła jest trzy razy mniejszy.

Okres wahnienia jest w stosunku prostym do pierwiastka z długości wahadła.

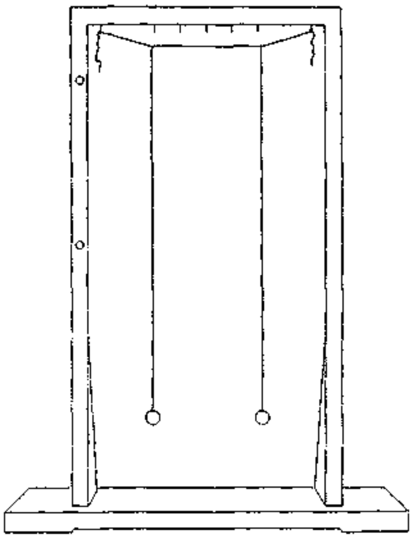
E. Zawieszamy obok siebie dwa wahadła jednakowej długości, jedno z kulką metalową, drugie — drewnianą. Odchylamy wahadła o niezbyt duży jednakowy kąt (około 5°) od pionu i puszczamy w ruch jednocześnie (można za pomocą podłożonej pod kulki linijki, którą szybko usuwamy ku dołowi). Czas 25 wahnięć obu wahadeł będzie jednakowy. (Po pewnym czasie drewniane wahadło będzie zakreślało coraz mniejsze łuki, jednak co do czasu wahnięć będzie dotrzymywało kroku metalowemu).

Okres wahania nie zależy od masy wahadła.

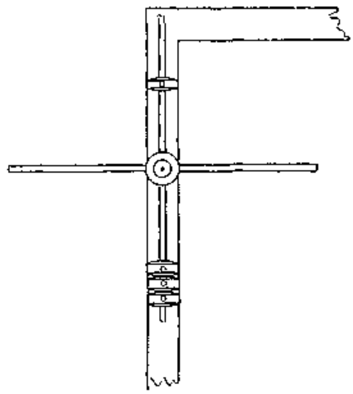
F. Ponieważ długość wahadła sekundowego wynosi około 1 metra (w Warszawie 0,994 metra), nasza rama nie pozwala nam zawiesić wahadła takiej długości. Możemy jednak zbudować wahadło ½-sekundowe, długości 25 cm. (ściśle 248,5 mm), które będzie wahać się dwa razy szybciej od sekundowego (dwa razy na sekundę). Jeżeli długość wahadła odmierzyliśmy dokładnie (od miejsca przytwierdzenia sznurka do haczyka u ramy — do środka geometrycznego kulki), to przy pomocy sekundomierza możemy stwierdzić, że w przeciągu minuty wahadło wykonało 120 wahnięć.

G. Zawieszamy w pewnej od siebie odległości dwa jednakowe wahadła (rys. 18). Po zupełnem unieruchomieniu pobudzamy jedno z nich do wahania. Zauważymy i u drugiego wahadła takie same ruchy.

Mamy tu zjawisko rezonansu wahadeł.



Rys. 18.



Rys. 19.

XVI. ZASADA METRONOMU.

Nakładamy trzy ciężarki na jeden z prętów krzyżaka blizko końca, pozostawiając czwarty ciężarek na pręcie z przeciwnej strony osi (rys. 19). Mamy wahadło, w którem okres wahania regulujemy przez przesuwanie górnego ciężarka, jak to ma miejsce w metronomie.

WYKAZ NAJWAŻNIEJSZYCH PRZYRZĄDÓW DO MECHANIKI, WYKONANYCH W WYTWÓRNI WŁASNEJ FIRMY „NASZ SKLEP - URANIA” SPÓŁKA AKCYJNA.

Rama z kompletem przyrządów do mechaniki. Komplet pozwala obsłużyć prawie całą dziedzinę mechaniki. Może być zastosowany zarówno do doświadczeń pokazowych, jak i do ćwiczeń praktycznych . . . . Zł. 260.—

Przyrząd spadkowy Atwooda do oznaczenia przyśpieszenia w ruchu pionowym. Podstawa, wysokości 2 metrów, składa się z ciężkiego trójnoga żelaznego ze śrubami regulacyjnemi i przytwierdzoną do niego deską pionową, lakierowaną z jednej strony na biało i podzieloną co 5 cm. Do wierzchołka deski przytwierdzony jest blok aluminjowy, wagi 100 gr., dokładnie zrównoważony i o bardzo małem tarciu. Poniżej bloku znajduje się ruchoma podstawka, podtrzymująca przygotowany do spadania ciężarek, oraz metronom na przytwierdzonej do deski półce. Do jednoczesnego usunięcia podstawki z pod ciężarka i puszczenia w ruch metronomu, służy urządzenie elektromagnetyczne, działające za pociśnięciem guziczka na obwodzie elektrycznym. Do przyrządu należą 2 ciężarki spadkowe, złożone z trzech połączonych ze sobą ciężarków, ważących: 70 g., 98 g. i 98 g., oraz 4 dodatkowe ciężarki płaskie i trzy przeciwważniki . . . . Zł. 335.—

Wirownica większa, masywna, precyzyjnie wykonana, o bardzo małem tarciu. Oś dokładnie wpasowana i przytarta wiruje ściśle w centrum, co jest koniecznym warunkiem sprawnego działania wirownicy i osiągnięcia dodatnich wyników przy jej użyciu. Otwory na wirownicy i pręty stosowanych do niej przyrządów posiadają ściśle określone stałe wymiary, tak, że każdy wykonany przez nas przedmiot pasuje do każdej naszej wirownicy, niezależnie od czasu, kiedy była nabyta. Do wirownicy należy krążek metalowy na pręcie, z nakrętką do umocowywania krążków barwnych, syreny tarczowej i t. p. Wirownica, dzięki wielostronnemu jej zastosowaniu łącznie z przyrządami ze wszystkich dziedzin fizyki, stanowi jeden z najniezbędniejszych przyrządów w gabinetach i pracowniach szkolnych. Zł. 120.—

Wirownica mniejsza, o budowie i wykonaniu, jak poprzednia. Wszystkie przyrządy, używane do większej wirownicy, całkowicie nadają się do użycia i z mniejszą . . . . . . Zł. 90.—

Przyrządy do wirownicy:

a) **Model regulatora Watta** . . . . Zł. 26.—

b) **Przyrząd wyjaśniający spłaszczenie ziemi** . . . . Zł. 15.—

c) **Przyrząd do oddzielania cieczy różnej gęstości.** Do szklanego naczynia, rozszerzonego pośrodku, nalewamy rtęci i wody zabarwionej. Przy ruchu obrotowym naczynia rtęć tworzy pierścień srebrzysty, wirujący w części najbardziej oddalonej od osi obrotu . . . . Zł. 8.50

d) **Przyrząd Bertrama.** Dwie próbówki, zawieszone swobodnie w widełkach oprawy, po obu stronach osi obrotu, przyjmują podczas wirowania przyrządu położenie poziome. Mętny płyn, wlany do próbówek, oczyszcza się przez odrzucenie ciał zanieczyszczających na dno próbówek . . . . Zł. 15.—

e) **Przyrząd kulkowy.** 2 kulki mosiężne o niejednakowej masie, połączone łańcuszkiem, dają się przesuwać swobodnie wzdłuż pręta, na który są nawleczone. Tym przyrządem można wykazać wpływ wielkości masy i promienia zakreślanego przez nią koła na wielkość siły odśrodkowej . . . . Zł. 15.—

f) **Wahadło do doświadczenia Foucault'a.** Na okrągłym stoliku drewnianym znajduje się metalowy pałąk w położeniu pionowem, a do wierzchołka pałąka przyczepiona na nitce kulka mosiężna, jako wahadło. Podczas wirowania stolika wraz z pałąkiem, puszczone w ruch wahadło nie zmienia płaszczyzny wahań . . . . Zł. 12.—

g) **Rurka Tyndalla z kleszczami.** Rurkę mosiężną osadzamy na osi, nalewamy do niej eteru i zatykamy korkiem. Wirującą rurkę ściskamy kleszczami, rurka rozgrzewa się przez tarcie, eter wrze i wysadza korek. Mamy tu ilustrację przemiany ciepła na pracę . . . . Zł. 15.—

h) **Syrena tarczowa Seebecka.** Jest to tarcza z blachy cynkowej z czterema szeregami otworów na obwodzie. Przy wdmuchiwaniu powietrza zaostrzoną rurką szklaną, daje podczas wirowania tony, których wysokość zależy od gęstości otworków w danym szeregu. Kolejne tony czterech szeregów otworków dają akord . . . . Zł. 12.—

i) **Koło zębate Savarta.** Na ogólnej osi znajdują się cztery kółka cynkowe, jednakowej średnicy, ale o różnej ilości zębów na obwodzie. Jeżeli podczas wirowania przyrządu dotykamy obwodu kółek twardym elastycznym kartonikiem (bilet wizytowy), to otrzymamy tony o różnej wysokości, uszeregowane w akord . . . . Zł. 24.—

k) **Wirujący sześcian lustrzany.** Służy do analizy obrazu fal akustycznych, otrzymywanych przy pomocy gazowego manometru płomykowego . . . . Zł. 18.—

l) **Tarcza Arago z wirującem polem magnetycznem.** Nad poziomym krążkiem miedzianym jest przytwierdzona równolegle do niego płytka szklana z igłą magnesową na ostrzu. Podczas wirowania krążka miedzianego igła magnesowa odchyla się w kie-

runku jego ruchu, a następnie zaczyna obracać się na ostrzu w tym że kierunku . . . . Zł. 65.—

m) **Induktor ziemski.** Na osi wirownicy wiruje szpula o dużej średnicy, nawinięta drutem izolowanym, którego końce połączone są z komutatorem dla otrzymania prądu stałego z prądów indukcyjnych zmiennych, powstających pod wpływem magnetyzmu ziemskiego w zwojach drutu na szpuli podczas jej wirowania. Prąd stały i zmienny wykrywa się za pomocą czułych galwanometrów . . . . Zł. 75.—

Wahadło Foucaulta p/g Weinholda. Kulę żelazną o średnicy 10 cm., wagi około 4 kg., dokładnie obtoczoną i zrównoważoną w rtęci zawiesza się na drucie stalowym, umocowanym do sufitu na kardanowskiem zawieszeniu. Kula waha się nad okrągłą płytą stolika, umieszczoną na ciężkim trójnogu żelaznym i podnoszoną ku górze za pomocą dźwigni. Trójnóg posiada śruby regulacyjne do poziomego ustawienia płyty stolika. Na płycie stolika przytwierdzamy arkusz białego papieru, a do kuli od dołu przymocowujemy pendzelek z miękkiem włosiem. Jeżeli na papier nasypiemy cienką warstwę drobnego piasku lub pendzelek nasycimy kolorową gliceryną, to po odpowiedniem podniesieniu płyty stolika i puszczeniu wahadła w ruch w płaszczyźnie wahań, zgodnej z kierunkiem południka ziemskiego, pendzelek będzie zaznaczał na papierze linje, przecinające się pod kątem, w związku z ruchem obrotowym kuli ziemskiej. Wahadło dzięki dużej masie kuli i przy uwzględnieniu znaczniejszej długości drutu, może wahać się w przeciągu kilku godzin . . . . Zł. 250.—

Giroskop uniwersalny (Fessel - Bohnenbergera). Przyrząd ten posiada jedną podstawę metalową i jednego bąka, osadzonego w pierścieniu, oraz dwie różne oprawki do umieszczania w nich bąka wraz z pierścieniem. Jeżeli umieścimy bąka w widełkowatej oprawce i wraz z nią osadzimy w podstawce, mamy giroskop Bohnenbergera, który służy do okazania zasadniczego faktu zachowania osi obrotu ciała swobodnie wirującego. Przy użyciu natomiast oprawki z poziomym prętem, przystosowanym do nachylania przez zawieszanie odpowiednich ciężarków, otrzymamy giroskop Fessela do demonstrowania ruchu precesyjnego. Za pomocą tego przyrządu można wyjaśnić doświadczalnie zjawiska, niemożliwe do wyjaśnienia środkami matematyki szkolnej, a posiadające duże znaczenie naukowe i techniczne (ruch precesyjny ziemi, kompas giroskopowy, ruch torped, pocisków i t. p.) i budzą wielkie zainteresowanie młodzieży. Przyrząd wykonany nader precyzyjnie, tarcie zredukowane do minimum, bąk doskonale zrównoważony, dzięki czemu doświadczenie udaje się w sposób niezawodny . . . . Zł. 140.—

Model wagi dziesiętnej, cały metalowy, z szalkami na prętach dla objaśnienia różnych stosunków pomiędzy dźwigniami . . Zł. 140.—

NASZ SKLEP-URANIA

SPÓŁKA AKCYJNA

DZIAŁ POMOCY SZKOLNYCH

POLECA:

PRZYRZĄDY FIZYCZNE I LABORATORYJNE

wykonane we własnych zakładach fabrycznych.

Przyrządy nasze, nie ustępując pod względem jakości wyrobom najlepszych firm zagranicznych, zdobyły sobie jaknajpochlebniejszą opinję w sferach miarodajnych i są znacznie tańsze od przyrządów zagranicznych tej samej jakości.

MEBLE SZKOLNE I LABORATORYJNE

wykonane we własnych zakładach fabrycznych.

Przeszło dwudziestoletnia działalność w zakresie zaopatrywania szkół i laboratorjów w odpowiednie meble i urządzenia dała naszym zakładom możność wyspecjalizowania się w tej
...odpowiedniejszych typów do umeblo-
...olnych oraz gabinetów i pracowni.
...fabryka z nowoczesną suszarnią do
...solidnego wykonania wyrobów drzew-
...ego i należycie wysuszonego.

...hodowlane, do kolekcjonowania, do
...eralogicznych, chemicznych i t. p.

...BORATORYJNE w wielkim wyborze.

...NE: latarnie, paraskopy, epidiaskopy.

...ch dziedzin wiedzy.

...ODELE do biologji, mineralogji i t. p.

...WE I KARTOGRAFICZNE.

Zakł. Graf. „NASZA DRUKARNIA", Warszawa, Sienna 15.